

# Nap típusú csillagok korai fejlődési szakaszainak vizsgálata

## Részletes zárójelentés

### 1. Eruptív fiatal csillagok, változócsillagok a fősorozat előtti fejlődés kezdetén

#### 1.1 V1647 Orionis

A korai csillagfejlődési jelenségek, az időben változó akkréció vizsgálatára különösen jó lehetőséget kínálnak az eruptív fiatal csillagok. A kitörést az akkréciós korongban fellépő instabilitás okozza. Ez a jelenség nem megjósolható, és mivel kevés eruptív csillag ismert, fizikájáról keveset tudunk. Egy eddig ismeretlen eruptív csillag, a V1647 Orionis 2004. januártól 2005. októberig tartó kitörése olyan lehetőség volt, amit nem lehetett kihagyni, és így megváltoztatta a kutatások tervezett menetét.

Köveztük a V1647 Ori fényességének, valamint optikai és infravörös spektrumának fejlődését a kitörés kezdetétől egészen a 2005. október végén bekövetkezett elhalványulásig. Analizáltuk a csillag fényességének, színindexeinek és színképvonalainak változását a kitörés alatt, és infravörösben a csillag elhalványodása után is, egészen 2006. szeptemberéig. Megállapítottuk, hogy a csillag fényessége 2004. februártól 2005. októberig több, mint 4 magnitúdóval a kitörés előtti szint fölött volt. A kitörés alatti fénygörbében periódikus komponenst azonosítottunk 56 napos periódussal. A periódikus fényességcsökkenés oka az lehet, hogy a csillag körül keringő, inhomogén szerkezetű akkréciós korong vastagabb szegmense, pl. a korong mágneses erőterét követő, felhajló belső széle periódikusan eltakarja a csillagot. Az 56 napos periódusból az következik, hogy a fedést létrehozó anyag a csillagtól kb 0,25 csillagászati egység távolságban kering. Ez az a csillagköri tartomány, ahol a kitörések fizikáját termikus instabilitással értelmező modell (Bell & Lin 1994, Bell et al. 1995) szerint az akkréciós korong befelé tartó anyaga felhalmozódik, felmelegszik és ionizálódik, tehát ahol a kitörés kezdődik. Megállapítottuk, hogy a  $H\alpha$  vonal ekvivalens szélességének több szerző által megfigyelt periodikus változása a kontínuum periodikus változásának következménye. A csillag és megvilágított köd egy fényes darabjának fényváltozása közötti időkééséből meghatároztuk a köd tengelyének a látóiránnyal bezárt szögét:  $61 \pm 14^\circ$ . J–H és H–K színindex-térképek segítségével vizsgáltuk a csillagot beágyazó burkot, amelynek kiterjedése  $18''$  (0,03 parszek). Az infravörös köd színeloszlása azt mutatja, hogy a burok porán szóródó csillagfény színét a csillag körüli korong módosítja. Megállapítottuk, hogy a hidrogén emissziós vonalainak ( $H\alpha$ ,  $Pa\beta$ ,  $Pa\gamma$ ,  $Br\gamma$ ) fluxusa monoton csökkent a kitörés két éve alatt. Mivel e vonalak az akkréciós ráta nyomjelzői, ez arra utal, hogy az akkréció üteme is monoton csökkent. A hidrogénvonalaktól eltérően az ionizált kalcium ugyancsak akkréciós oszlopokban keletkező infravörös vonalainak fluxusa végig állandó maradt a kitörés során. Ennek oka a hidrogén- és kalciumvonalak keletkezési helyeinek eltérő optikai vastagsága lehet. A kitörés után felvett infravörös spektrumokban a hélium  $1.083 \mu\text{m}$ -es vonala erős emisszióban jelent meg, eltérően a kitörés alatt észlelt kéeltolódott abszorpcióval, és eltűnt a szénmonoxid-emisszió. A kitörés két éve alatt összegyűjtött optikai és infravörös fotometriai és spektroszkópiai adatokat és értelmezésüket 2007-ben publikáltuk. Az elhalványulás tényét, amely valószínűleg a

kitörés végét jelzi, az IBVS-ben közöltük. A V1647 Ori 2008. augusztusában újra kitört. A kitörés első napjaiban sikerült optikai fotometriai és spektroszkópai méréseket végezni a Calar Alto Observatórium 2.2 m-es távcsövével. Az eredményeket az IBVS-ben közöltem. A kitörések időtartama és ismétlődési gyakorisága a korong viszkozitásától függ. (Acosta-Pulido et al. 2007, Kóspál et al. 2005, Kun 2008).

### *1.2 Fotometriai és spektroszkópai változások a fősorozat előtti fejlődés kezdetén*

További fiatal csillagok hosszú távú optikai fotometriai és spektroszkópai követését kezdtük el a pályázat ideje alatt. Spektroszkópai megfigyelésekre a Calar Alto Observatórium 2,2m-es távcsövére kaptunk időt. Vizsgálataink tárgyai olyan Nap típusú fiatal csillagok, amelyeknek protocsillagokra jellemző spektrális energiaszlása van, tehát valószínűleg nagyon fiatalok, fősorozat előtti fejlődésük kezdetén vannak, és az akkréciós korongon kívül kiterjedt (600–1000 csillagászati egység sugarú) burok is van körülöttük. A burok a korongot táplálja anyaggal. Keveset tudunk arról, hogyan kerül a korongról a csillagra a gáz. A megfigyelések szerint nem egyenletes ütemben: a korai fősorozat előtti fejlődési periódus legnagyobb részében kicsi az akkréciós ráta, a tömegfelvétel rövid időszakokra korlátozódik (Fuor és Exor kitörések). A kiválasztott csillagok egy részénél még nem figyeltek meg kitörést. Fotometriai és spektroszkópai változásaik elemzése folyamatban van, publikáció még nincs. Kezdeti eredmény: egyik programcsillag a PV Cephei, amelynek 1976-77-ben volt egy nagy kitörése (Cohen et al. 1981), azóta alig van róla adat. 2008. április és június között a fényessége több magnitúdóval csökkent. V, R és I színekben követjük a fény- és színindex-változást, és a Calar Alto Observatórium 2,2m-es távcsövével több optikai színeképet vettünk fel a 3800-9000 Å közötti hullámhossz-tartományon. Az adatok feldolgozásából és elemzéséből Elek Elza csillagászhallgató 2008-ban sikeres TDK dolgozatot írt. A színindexek változásának vizsgálata megmutatta, hogy a fényességcsökkenést nem lehet megmagyarázni az extinkció növekedésével. A csillag színeképeiben a halvány állapotban is megfigyelhetők az aktív eruptív csillagokra jellemző emissziós vonalak.

### *1.3 EX Lupi*

Az Exor típusú fiatal csillagok névadója, az EX Lupi 2008. januárjában minden eddiginél erősebb kitörést mutatott (Kóspál et al. 2008). Kitörés alatt a tömegfelvétel üteme (akkréciós ráta) tipikusan  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  naptömeg/év. A kitörés követése mellett (Spitzer, ESO távcsövek) irodalmi adatok és publikálatlan optikai és infravörös (ISO, Spitzer) mérések alapján megvizsgáltuk a csillag nyugalmi állapotára jellemző spektrális energiaszlást, és összehasonlítottuk más, nem eruptív T Tauri csillagokéval. A megfigyelt spektrális energiaszláshoz jól illeszkedik olyan modell, amelyben a korong tömege 0,025 naptömeg, belső sugara 0,2, külső 150 Csillagászati Egység. A nyugalmi akkréciós ráta  $4 \times 10^{-10}$  naptömeg/év.

(Sipos, N., Ábrahám, P., Acosta-Pulido, J. A., Juhász, A., Kóspál, Á., Kun, M., Moór, A., Setiawan, J. 2008, A&A, közlésre elfogadva.)

## 2. Fiatal csillagok alapvető tulajdonságainak meghatározása közeli csillagkeletkezési régiókban

### 2.1 *Lynds 1333*

Spektroszkópai és fotometriai megfigyelések alapján négy új Nap típusú fősorozat előtti csillagot és egy kis tömegű protocsillagot azonosítottunk a Lynds 1333 molekulafelhőben, meghatároztuk spektráltípusukat, luminozitásukat, tömegüket és korukat. Térbeli és kor szerinti eloszlásuk összehasonlítása azt mutatja, hogy a csillagkeletkezés a felhő magas galaktikus szélességű oldalán kezdődött és alacsonyabb szélességek felé halad. Mivel a L1333 nagyon kis tömegű, galaktikus síkkal párhuzamosan elnyúlt alakú felhő, ez a struktúra arra utal, hogy a csillagkeletkezést magasabb galaktikus szélességű régióból eredő lökés indította el. Megvizsgáltuk, lehetett-e a csillagkeletkezés forrása az a nagyjából egymillió éves szupernóva-maradvány, amelynek egyetlen megfigyelt megfelelője a Loop III (Spoelstra 1972, Page et al. 2007) nevű rádiókontinuum-struktúra.

Megmutattuk, hogy a Loop III centrumának valószínű távolsága a korai modellekből becsült 150 parszek helyett inkább 250 parszek. A 150 pc nem egyeztethető össze a Lokális buborék nagy pontossággal feltérképezett helyzetével és méretével (Lallement et al. 2003). Azonosítottuk a Loop III közeledő és távolodó falait a molekuláris gáz eloszlásában (Kun, M., Nikolic, S., Johansson, L. E. B., Balog, Z., Gáspár, A. 2006, MNRAS, 371, 732)

### 2.2 *Lynds 1622*

A Lynds 1622 sötét felhő az Orion csillagkeletkezési területen található, az Orion B óriás molekulafelhőre vetül, amelynek távolsága tőlünk mintegy 400 parszek. A terület irányában látszó fényes csillagok korábbi vizsgálatai (Knude et al. 2001, Wilson et al. 2005) azt sugallják, hogy 120–160 pc-re a Naptól van egy előtérfelhő éppen a L1622 irányában. Megvizsgáltuk, lehet-e ez az előtérfelhő maga a Lynds 1622. A felhőben korábban detektált H $\alpha$  emissziós csillagokról spektrumokat vettünk fel a Whipple Observatory (Arizona) 1,5 m-es távcsövének FAST spektrográfjával és a Calar Alto Observatórium 2.2 m-es teleszkópjának CAFOS spektrográfjával. A piszkés-tetői RCC teleszkóppal megmértük ugyanezen csillagok VRI magnitúdóit, ezután 400 és 160 pc-es távolságokat feltételezve meghatároztuk helyüket a Hertzsprung–Russell diagramon, tömegüket és korukat. Az eredmények azt mutatják, hogy a felhő nem lehet olyan közel hozzánk, mint az irányában kimutatott előtérfelhő. 120–160 parszek távolságot feltételezve a benne azonosított klasszikus T Tauri csillagok kora 10–20 millió év körül lenne, ami ellentmond spektrális megjelenésüknek. Ezzel szemben 400 pc távolságot feltételezve a fiatal csillagok átlagos kora 1 millió év. Ez a kor, összevetve a felhő helyzetével, üstökös-szerű alakjával, az Orion OB1b asszociáció irányában ionizált szélével arra enged következtetni, hogy a csillagkeletkezéshez szükséges nagy sűrűséget a L1622-ben Orion OB1b nagy tömegű csillagainak szele és táguló HII zónája hozta létre. A Spitzer Space Telescope IRAC és MIPS műszereivel készült középínfravörös fotometriai méréseket feldolgozva meghatároztuk a fiatal csillagok spektrális energiaeoszlását, és ezeket korongmodellekkel összehasonlítva vizsgáltuk az akkréciós korongok

tulajdonságait. Feldolgoztuk a nagoyai egyetem NANTEN rádióteleszkópjával összegyűjtött szénmonoxid-méréseket, meghatároztuk a felhő tömegét. (Kun, Balog, Mizuno, Kawamura, Gáspár, Fukui, & Kenyon 2008, MNRAS, 391, 84)

### 2.3 *Cepheus flare*

A Cepheus flare az északi égbolt nagyjából 200 négyzetfok kiterjedésű területe  $100^{\circ}$ – $120^{\circ}$  galaktikus hosszúság és  $10^{\circ}$ – $20^{\circ}$  szélességek között, amelyen számos csillagképző sötét felhő figyelhető meg. Korábbi munkám folytatásaként (Kun, 1998) 2004-ben elkezdtük a terület fiatalcsillag-jelöltjeinek spektroszkópiai vizsgálatát azzal a céllal, hogy fősorozat előtti természetüket megállapítsuk, valamint meghatározzuk színképtípusukat, tömegüket és korukat, 2004-ben és 2005-ben a Calar Alto Observatórium 2,2 m-es távcsövével minden ismert,  $V=16$  magnitúdónál fényesebb fiatalcsillag-jelöltre készítettünk közepes diszperziójú színképfelvételt a 6000–9000 Å tartományon. A célpontok objektívprizmás felvételeken  $H\alpha$  emissziót mutató csillagok, IRAS pontforrások, szabálytalan változócsillagok, és a 2MASS adatbázisban közeli infravörös többletet mutató csillagok voltak. Mivel ez a színképtartomány a K5-nél korábbi típusú csillagok osztályozására nem ideális, a korábbi típusú, fényesebb csillagokról a 3600–7000 Å tartományon is vettünk fel spektrumot a Whipple Observatory (Arizona) 1,5m-es távcsövével. A távcsőidőhöz Scott Kenyon és Eric Mamajek támogatásával jutottunk. A csillagok luminozitásának meghatározására BVRI fotometriai méréseket végeztünk a piszkés-tetői RCC távcsővel. Minden csillagot legalább két fotometriai éjszakán mértünk meg 2006. szeptember-október folyamán. A mérések kalibrálásához az NGC 7790 nyílthalmazról készült minden éjjel 3-4 sorozat BVRI mérés. Összesen 78 fősorozat előtti csillagot azonosítottunk, meghatároztuk effektív hőmérsékletüket, vörösödésüket, bolometrikus luminozitásukat, és fősorozat előtti fejlődési modellek segítségével, távolságuk ismeretében tömegüket és korukat. 2006-ban és 2007-ben egy-egy diplomamunka is készült az egyes részterületek adatainak feldolgozásából a témavezető irányításával. A csillagközi extinkció meghatározásánál sok esetben nem adott jó eredményt a normális extinkciós törvény ( $R_V=3,1$ ), inkább  $R_V=4,0$  és  $R_V=5,5$  értékeket kellett használni. Öt új fősorozat előtti kettős rendszert találtunk a vizsgált csillagok közt. Az ismert csillagképző felhőkön kívül új csillagcsoportokat találtunk, pl. az SV Cephei Herbig Ae típusú csillaghoz társuló három, eddig ismeretlen T Tauri csillagot. A Herbig Ae/Be csillagok gyakran kis halmazok legfényesebb tagjai (Testi et al. 1997). Az SV Cep körül korábban nem volt ismert ilyen halmaz. Új, 6-7 millió éves csillagcsoportot azonosítottunk a Cepheus flare alacsony galaktikus szélességű részén, a L1219 sötét felhő körül, és egy másikat a L1177 közelében.

A  $H\alpha$  és a CaII infravörös emissziós vonalak ekvivalens szélességéből, valamint a  $H\alpha$  vonal sebességtartományából meghatároztuk a csillagok akkréciós rátáit (Natta et al. 2004, Dahm 2008 összefüggései alapján). Minden programcsillagot azonosítottunk a 2MASS adatbázisban. A terület három jól ismert felhőjéről, a L1228-ról, az NGC 7023-ról és a L1251-ről a Spitzer Space Telescope IRAC és MIPS műszereivel is készültek fotometriai mérések a 3,3–24 mikron hullámhossztartományon. A Spitzer-mérések kiredukálása lehetővé tette a csillagok spektrális energiaszórásának meghatározását. A spektrális energiaszórásokat publikált korongmodellekkel

illetve a csillagközi anyagról: a korong és az esetleges burok tömegéről, méretéről, belső sugaráról, és az akkréciós rátákról kaptunk információt. A korongok átlagos tulajdonságai az egyes felhőkben eltérőek. Különösen a L1228 fiatal csillagainak korongjai különböznek az összes többitől: egy nagyságrenddel kisebb a tömegük, és nagyobb a belső sugaruk. Az eltéréshez a korkülönbségen kívül a csillagkeletkezés kezdőfeltételeinek eltérése is hozzájárulhat.

A zárójelentés írásának idejében a cikk (Kun, Balog, Kenyon, Mamajek: Pre-main sequence stars in the Cepheus flare) beküldés előtti utolsó átolvasás előtt áll. A kezdeti eredményeket 2008. márciusában egy konferencián ismertettem. Az előadás anyaga a következő weblapon olvasható: <http://www.eso.org/sci/meetings/MilkyWayStarFormation/agenda.html>

### **3. Protoplanetáris korongok a Spitzer Space Telescope mérései tükrében**

A Spitzer Space Telescope közép infravörös fotometriai adatainak feldolgozásával vizsgáltuk az NGC 2244 fiatal nyílthalmaz szerkezetét és a halmaztagok akkréciós korongjainak tulajdonságait. 337 II. osztályú objektumot (fősorozat előtti csillagot) és 25 I. osztályú protocsillagot azonosítottunk. Vizsgáltuk a por eloszlását a halmaz centrális tartományában és a Nap típusú halmaztagok protoplanetáris korongjainak túlélési esélyeit a forró O-típusú csillagok környezetében. Az eredmények azt bizonyítják, hogy a forró OB csillagok közelében a csillagközi korongok poranyaga lassabban párolog el, mint az elméleti számítások alapján várható. A nagy tömegű halmaztagok csak közvetlen szomszédságukban (0,5 parszekon belül) gyorsítják észrevehetően a korongok párolgását. Az I. osztályú protocsillagok és II. osztályú (fősorozat előtti) csillagok aránya arra utal, hogy a csillagkeletkezés a nagy tömegű csillagok hatására a halmazban lelassult (Balog, Muzerolle, Rieke, Young, & Megeath 2007, ApJ, 660, 1532).

A Spitzer Space Telescope 24 mikrométeren készült képein vizsgáltuk három olyan fiatal Nap típusú csillag protoplanetáris korongjának tulajdonságait, amelyek O-típusú csillagok közelében keletkeztek. A korongok üstökös-szerű alakja a forró csillagokkal való kölcsönhatást bizonyítja. Megállapítottuk, hogy a korongok infravörös, 8 és 24  $\mu\text{m}$ -es fényességprofiljai jó összhangban vannak azzal az elképzeléssel, hogy a közeli forró csillagok elpárologtatják a korongok anyagát. A korongok becsült tömegvesztési üteme is megegyezik az elméleti jóslattal, de lehet kisebb is (Balog, Rieke, Su, Muzerolle, & Young 2006, ApJ, 650, L83). Ugyanezen csillagok HST/NICMOS  $\text{Pa}\alpha$  képei szerint a 24  $\mu\text{m}$ -en megfigyelt üstökös-szerű struktúrák alig tartalmaznak gázt, míg a korongok 5-12  $\mu\text{m}$ -es spektrumai gázban gazdag belső, 5-10 AU sugarú tartományt mutatnak (Balog, Rieke, Muzerolle et al. 2008, ApJ, 688, 408).

A 13 millió éves  $\eta$  és  $\chi$  Persei ikarhalmazban vizsgáltuk a korongok tulajdonságait. Olyan törmelékkorongokat azonosítottunk, amelyek hőmérsékletük alapján Föld típusú bolygók keletkezésének melléktermékei. (Currie, Kenyon, Rieke, Balog, & Bromley 2007, ApJ, 663, L105). Ugyanennek a halmaznak részletes, közeli és közép infravörös vizsgálatából arra következtettünk, hogy a 24  $\mu\text{m}$ -en megfigyelhető törmelékkorongok tipikus kora 10-15 millió év (Currie, Kenyon, Balog, Rieke, Bragg, & Bromley 2008, ApJ, 672, 558).

## Egyéb eredmények

Részt vettünk a KH 15D, AA Tau és a GM Cep fiatal csillagok nemzetközi megfigyelési kampányaiban. (Hamilton et al. 2005, Bouvier et al. 2007, Sicilia-Aguilar et al. 2008).

„Közeli csillagkeletkezési régiók optikai, infravörös és rádiócsillagászati vizsgálata" című értekezésének megvédésével a témavezető 2005-ben megszerezte az MTA doktora címet.

A témavezetőt felkérték a „Handbook of Star Forming Regions" című könyv (ASP, szerk. Bo Reipurth) két fejezetének megírására. A könyv 2008. decemberében jelent meg (Kun M., Kiss Z., Balog Z.: Star forming regions in Cepheus; Kun M.: Star forming regions in Cassiopeia).

## A pályázat által támogatott kutatásokról tartott előadások

1. *Fiatal csillagok kölcsönhatásai környezetükkel*; MTA, Csillagászati előadónap, 2005. május 10.
2. *Közeli csillagászati régiók optikai, infravörös és rádiócsillagászati vizsgálata*; MTA, doktori védés 2005. június 22.
3. *Csillagkeletkezési régiók spektroszkópiai vizsgálata*; MTA, Detre László emlékülés, 2006. április 20.
4. *The Enigmatic Loop III and the Local Galactic Structure* ;  
IAU Symp. 237: Triggered Star Formation in a Turbulent Interstellar Medium, Prága, 2006. aug. 16.
5. *Spectroscopic and photometric studies of young stellar objects in nearby star forming regions*,  
Nagoya University Radio Astronomy Lab., szeminárium, 2007. márc. 8.
6. *Spectroscopic and photometric studies of V1647 Orionis*;  
Kobe University, Department of Astronomy and Earth Sciences, szeminárium, 2007. márc. 9.
7. *Csillagkeletkezés a Lynds 1622 molekulafelhőben* - i MTA KTM CSKI ntézeti szeminárium, 2008
8. *Pre-main sequence stars in the Cepheus flare*;  
ESO Workshop on ``Star Formation across the Milky Way", Santiago, Chile, 2008. március 3-6

## Spektrográf fejlesztése a piszkés-tetői RCC távcsőhöz

A külföldi utazásra és napidíjra tervezett összegek jelentős részét, előzetes engedéllyel, egy optikai spektrográf megvalósítására, alkatrészeinek beszerzésére költöttük. A optikai spektroszkópiai megfigyeléseknek nincs hagyománya az MTA KTM CSKI-ban. A CCD-kamerák korszaka előtt nem is volt realitása a kis távcsővel spektroszkópiai méréseknek. Az érzékeny CCD kamerák azonban lehetővé teszik, hogy spektroszkópiai méréseket is tervezzünk az RCC távcsőre. A fiatal csillagok vizsgálatában ennek különösen nagy jelentősége van, mivel az emissziós vonalfluxusok az akkréciósráta változásának érzékeny nyomjelzői. Ezek méréséhez kis spektrális felbontás is elegendő. A könnyen elérhető itthoni műszerrel tervezhetjük a programcsillagok monitorozását, amely félévenként pályázható, nagyobb európai távcsövekkel nehezebb lenne, továbbá így a csillagászhallgatók is könnyebben megtanulhatják az új megfigyelési és adatfeldolgozási módszereket. A spektrográfot az MTA KTM CSKI műszaki munkatársa, Rácz Miklós tervezte és készítette el.

Célunk az volt, hogy a rendelkezésünkre álló pénzből építsünk meg egy olyan szerényebb

képességű spektrográfot, amely idővel átépíthető lesz jobb műszaki specifikációjúra. Az állítható hullámhosszú, közepes felbontású spektrográf vagy a  $-40^{\circ}\text{C}$  üzemi hőmérsékletet minden évszakban elérő CCD-kamera megvásárlása külön-külön is felemésztette volna a teljes pályázati összeget. Így egy használaton kívüli műszerből szereltünk ki egy fix rácsos OEM spektrográfot és egy gyengébb hűtéssel rendelkező CCD-kamerát vásároltunk. A spektrográf típusa Jobin-Yvon CP140-103, amely egy 70 mm átmérőjű és 140 mm fókuszú, 285 vonal/mm-es osztású konkáv holografikus rácsot tartalmaz, így fényereje 1:2, a hullámhossz-tartománya 190-800 nm, a síkban leképzett spektrum hossza 25,2 mm. A CCD-kamera típusa Apogee Alta U30 OE, 1024×256 pixeles, amelyek mérete  $26\text{ }\mu\text{m}\times 26\text{ }\mu\text{m}$ . A távcső 1:13,6-es fényerejét egy 6,5-szörös kicsinyítésre beállított relé-lencsével illesztjük a spektrográf fényerejéhez, ez a lencse a távcső fókuszában elhelyezkedő 0,2 mm széles valódi rés  $30\text{ }\mu\text{m}$  szélességű virtuális résként jeleníti meg a CP140 spektrográf valós belépőrése síkjában, így a spektrográf felbontása a  $6\text{ }\text{\AA}/\text{pixel}$  lesz.

A spektrográf a későbbi átépíthetőség kedvéért mechanikailag egy négy párhuzamos rúdból álló burkolt optikai padot képez, ahol az egyes elemeket szorítócsavarokkal rögzített lovasok tartják. A lovasok a rudak mentén bárhol rögzíthetők. A spektrográf szekrényét állandóra felszereljük a távcsőre. A távcsőn jelenleg is használt fotometriai kamerát is a spektrográf szekrényére rögzítjük úgy, hogy a spektrográf nélküli helyére kerüljön vissza. A spektrográf szekrényében az egyik lovas egy számítógép-vezérlésű fényút-váltót rögzít, amely a mérendő objektum képét vagy a spektrográf részére, vagy a fotometriai kamerára vetíti. Ugyanez a fényút-váltó választja ki, hogy a mérendő objektum, egy beépített spektrállámpa, vagy egy ugyancsak beépített izzólámpával megvilágított fehér felület fényje jusson-e a spektrográf részére.

## **A tervektől való eltérések indoklása**

A pályázat által támogatott kutatások egyik legfontosabb része a Cepheus flare fiatal csillagainak átfogó vizsgálata. A cikket a közeljövőben beküldjük az ApJS-nek. Annak, hogy ez a cikk nem jelent még meg, több oka van. A tervezés idejében nem lehetett tudni, hová vezet a V1647 Ori váratlan kitörésének vizsgálata. A könyvfejezetek megírása időigényes, nem kutatómunka, de nagyban hozzájárult a készülő cikk minőségének javításához. Az adatok feldolgozása közben mindig újabb kérdések vetődnek fel, minél több adatunk van, annál több kérdés. A Spitzer középínfravörös méréseinek elérhetősége, az on-line elérhető korongmodellek eredetileg nem tervezett lehetőségeket nyitottak a vizsgálatok kiterjesztésére.

## **Irodalomjegyzék**

- Bell, K. R., & Lin, D. N. C. 1994, ApJ, 427, 987  
Bell, K. R., Lin, D. N. C., Hartmann, & Kenyon, S. J. 1995, ApJ, 444, 376  
Cohen, M., Kuhl, L. V., Spinrad, H., & Harlan, E. A. 1981, ApJ, 245, 920  
Dahm, S. E. 2008, AJ, 136, 521

Knude, J., Fabricius, C., Hog, E., Makarov, V. 2001, A&A, 362, 1069,  
Kóspál, Á., Németh, P., Ábrahám, P., Kun, M., Henden, A., Jones, A. F. 2008, IBVS, 5819  
Kun, 1998, ApJS, 115, 59  
Lallement, R., Welsh, B. Y., Vergely, J. L, Crifo, F, Sfeir, D. 2003, A&A, 411, 447  
Natta, A. Testi, L., Muzerolle, J., et al. 2004, A&A, 424, 603  
Page, L., Hinshaw, G., Komatsu, E., et al. 2007, ApJS, 170, 335  
Palla, F., & Stahler, S. W. 1999, ApJj, 525, 772  
Spoelstra, T. A. T. 1972, A&A, 21, 61  
Testi, L., Palla, F., Prusti, T., et al. 1997, A&A, 320, 159  
Wilson, B. A., Dame, T. M., Mashedier, M. R. W., & Thaddeus, P. 2005, A&A, 430, 523